啤酒糟对31~59日龄建昌麻羽肉鸭生产性能、血液生化指标及胃肠道发育的影响[1]

王彦茹　曾秋凤*　张克英　丁雪梅　白世平　罗玉衡　王建萍　玄　玥　宿卓薇

（四川农业大学动物营养研究所，动物抗病营养教育部重点实验室，雅安 625014）

摘　要：本试验旨在研究饲粮不同水平啤酒糟对31~59日龄麻羽肉鸭生产性能、血液生化指标及胃肠道发育的影响。试验选用420只31日龄建昌麻羽肉鸭，随机分为5个组，每组6个重复，每个重复14只麻鸭，各组分别饲喂啤酒糟水平为0、15%、30%、45%和60%的试验饲粮。饲养至59日龄。结果表明：随饲粮啤酒糟水平的增加，麻鸭59日龄体重、体增重、料重比、第4主翼羽长度均呈线性或二次曲线的变化（$P<0.05$），且60%啤酒糟组麻鸭的生产性能显著低于其他组（$P<0.05$）。血清总蛋白、球蛋白、甘油三酯、低密度脂蛋白的浓度随饲粮啤酒糟水平的增加呈线性降低（$P<0.05$），而谷丙转氨酶与碱性磷酸酶的活性呈线性增加（$P<0.05$）。麻鸭十二指肠容量、相对长度与重量，回肠的容量与相对长度，盲肠的相对重量以及肌胃相对重量随饲粮啤酒糟水平的增加呈线性增加（$P<0.05$）。以麻鸭体增重、料重比和第4主翼羽长度为判别指标，得出饲粮啤酒糟适宜水平分别为17.4%，16.1%和18.94%。以上结果提示，在以可消化氨基酸为基础配制饲粮时，31~59日龄麻鸭饲粮中啤酒糟的适宜水平为15.00%~18.94%，最高水平可达45%。

关键词：建昌麻羽肉鸭；生产性能；胃肠道发育；血清生化指标；啤酒糟

中图分类号：S834　　　文献标识码：　　　　文章编号：

啤酒糟（dry brewer's grain, DBG）是啤酒生产过程中的主要副产物。Mussatto等[1]报道，每生产100 L啤酒大约会产生20 kg啤酒糟。与玉米干酒糟及其可溶物（DDGS）相比，干啤酒糟蛋白质含量较低，粗纤维含量较高[2]。有研究指出，啤酒糟干物质中含粗蛋白质 25.13%、粗脂肪

收稿日期：2015-10-09

基金项目：国家“十二五”科技支撑计划“禽肉安全生产技术集成与示范”(2014BAD13B02)；四川省肉鸭现代化产业链关键技术研究集成与示范（2014NZ0030）；四川省科创饲料产业院项目

作者简介：王彦茹(1991—)，女，四川雅安人，硕士研究生，从事家禽营养的研究。E-mail: 1505409092@ qq.com

*通信作者：曾秋凤，副研究员，硕士生导师，E-mail: zqf@sicau.edu.cn

7.13%、粗纤维 13.81%、灰分 3.64%、钙 0.4%、磷 0.57%；还含有丰富氨基酸和铁、铜、锰等微量元素，具有较高的营养价值[3]。左志安[4]实测啤酒糟的肉鸭表观代谢能值为 10.06 MJ/kg，蛋白质含量为 29.96%。可见，不同来源啤酒糟的营养价值存在较大的差异，因此在合理利用啤酒糟之前，应分析其主要的营养成分。此外，左志安[4]将 20%啤酒糟按等能等氮等必需氨基酸（赖氨酸、蛋氨酸、色氨酸、苏氨酸）添加到玉米-豆粕型饲粮中饲喂 20 日龄的樱桃谷×建昌鸭公鸭发现，采食量、日增重、料重比与对照组相比差异不显著，且试验组与对照组相比，肉鸭每增重 1 kg，可节约饲料成本 0.14 元。同样，Denstadli 等[2]研究发现，肉鸡饲粮中使用 10%~20%干啤酒糟对其生产性能无显著影响，但有助于其肌胃的发育。目前尚未见在实测啤酒糟的营养价值基础上以不同生物学指标为评判标识来探讨肉鸭或优质地方肉鸭饲粮中啤酒糟适宜水平的研究报道。因此，本论文旨在研究饲粮不同水平啤酒糟对 31~59 日龄建昌麻鸭生长性能、胃肠道发育及血清生化指标的影响，并进一步利用回归模型获取啤酒糟的适宜水平，为啤酒糟在优质肉鸭饲粮中的应用提供科学依据。

1　材料与方法

1.1 试验材料

啤酒糟购自四川铁骑力士集团，啤酒糟的营养成分为：肉鸭表观代谢能 11.72 MJ/kg，蛋白质含量为 19.11%，肉鸭可消化赖氨酸（DLys）含量为 0.69%，可消化蛋氨酸（DMet）含量为 0.30%，可消化苏氨酸（DThr）含量为 0.56%[5]。

试验用建昌麻鸭为四川农业大学培育的新品系，其遗传背景为：父本为建昌鸭，母本为建昌鸭为父本和山麻鸭为母本的杂交后代，其生长潜力为 8 周龄上市体重达到 2.0~2.5 kg，羽毛生长良好。1~30 日龄麻鸭饲粮能量水平为 13.72 MJ/kg，粗蛋白含量为 19.5%。温度控制为：1~3 日龄 30~32 ℃，4~7 日龄 28~30 ℃，每周降低 2 ℃，直至 24~26 ℃；相对湿度控制为 60%~70%；全天光照，自由采食和饮水。

1.2 试验设计

本试验采用单因素试验设计，即饲粮中啤酒糟水平分别为 0、15%、30%、45%和 60%。420 只

31 日龄麻鸭按体重无显著差异（P＞0.05）原则随机分配到 5 个组中，每组 6 个重复，每个重复 14 只鸭。试验期 28 d。

1.3 试验饲粮

饲粮组成及营养水平参考四川农业大学动物营养研究所前期研究结果[6]，保证各组等能等氮，且可消化赖氨酸、蛋氨酸、色氨酸、苏氨酸 4 种氨基酸保持平衡，具体组成及营养水平见表 1。15%、30%、45%啤酒糟组由 60%啤酒糟组饲粮与对照组饲粮按 1:3、1:1 和 3:1 混合而成。饲料形态为颗粒料。

表 1 60%啤酒糟组和对照组饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1 Composition and nutrient levels of 60% dry brewer's grain group and control group diets （air-day basis） %

项目 Items	含量 Content	
	60%啤酒糟组 60% dry brewer’s grain group	对照组 Control group
原料 Ingredients		
玉米 Corn	17.98	55.97
小麦麸 Wheat bran	14.13	16.79
豆粕 Soybean meal	0.60	11.48
菜籽粕 Rape seed meal	0.60	6.00
棉籽粕 Cottonseed meal	0.60	5.00
L-盐酸赖氨酸 *L*-Lys•HCl	0.41	0.35
DL-蛋氨酸 *DL*-Met	0.16	0.17
碳酸钙 $CaCO_3$	1.10	1.22

磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.86	1.23
苏氨酸 Thr	0.15	0.12
色氨酸 Trp	0.15	0.03
啤酒糟 Dry brewer's grain	60.00	
膨化土 Bentonite	1.52	0.58
食盐 NaCl	0.05	0.37
氯化胆碱 Choline chloride	0.15	0.15
维生素预混料 Vitamin premix[1)]	0.03	0.03
微量元素预混料 Mineral premix[2)]	0.50	0.50
抗氧化剂 Antioxidants	0.01	0.01
合计 Total	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[3)]		
代谢能 ME/(MJ/kg)	11.70	11.70
粗蛋白质 CP	16.50	16.50
钙 Ca	0.85	0.85
有效磷 AP	0.38	0.38
粗纤维 Crude fiber	12.52	3.95
可消化赖氨酸 DLys	0.849 1	0.849 6
可消化蛋氨酸 DMet	0.379 5	0.379 5
可消化苏氨酸 DThr	0.599 1	0.600 1

可消化色氨酸 DTrp	0.180 2	0.179 9

1)维生素预混料为每千克饲粮提供 The vitamin premix provided the following per kg of diets：VA 3 000 IU，VD_3 1 500 IU，VE 7.5 mg，VK 1.5 mg，VB_1 0.6 mg，VB_2 4.8 mg，VB_6 1.8 mg，VB_{12} 0.009 mg，烟酸 nicotinic acid 10.5 mg，*D*-泛酸 *D*-pantothenic acid 7.5 mg，叶酸 folic acid 0.15 mg。

2)微量元素预混料为每千克饲粮提供 The mineral premix provided the following per kg of diets: Cu ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) 8 mg，Fe ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) 80 mg，Zn ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) 80 mg，Mn ($MnSO_4 \cdot H_2O$) 60 mg， Se ($NaSeO_3$) 0.3 mg，I ($K(IO_3)_2$) 0.3 mg。

3)计算值。Calculated values.

1.3 饲养管理

饲养试验在四川农业大学动物营养研究所进行，笼养。正式试验期间，麻鸭自由采食与饮水，全天光照，温度维持 24~26 ℃，相对湿度维持在 60%~70%。每 4 天清理一次粪。

1.4 采样指标及测定方法

1.4.1 生产性能

于麻鸭 59 日龄，断料 4 h，以重复为单位，空腹进行称重，并结算余料。此外，每个重复选 4 只测定其第四主翼羽长度（4thFL）。计算体增重（BWG）、料重比（F/G）和平均日采食量（ADFI）。

1.4.2 血液生化指标

麻鸭59日龄时每个重复选1只体重接近均重的肉鸭，颈静脉采血10 mL, 3 000 r/min离心10 min, 分离血清, 4 ℃保存待测。血清样品送至雅安市人民医院检测谷丙转氨酶、谷草转氨酶、γ−谷氨酰转肽酶及碱性磷酸酶的活性，检测血清总胆汁酸、总蛋白、白蛋白、总胆红素、甘油三酯、胆固醇、高密度脂蛋白、低密度脂蛋白和极低密度脂蛋白的浓度。

1.4.3 胃肠道发育指标

将采血后的鸭子，用颈静脉放血法致死，剖开腹腔，取腺胃、肌胃、十二指肠、空肠、回肠、盲肠和直肠，挤去各段食糜，用吸水纸吸去表面水分后称得鲜重。测量各肠段长度、宽度。计算相

对重量、相对长度、肠道密度及肠道容量。计算公式如下：

相对重量（%）=（消化器官鲜重 / 活体重）×100；

相对长度（%）=（肠段长度 / 活体重）×100；

肠道密度（g/cm）=肠段重量 / 肠段长度；

肠道容量（cm^3）=(肠道宽度×肠道长度) / 4π。

1.5　数据统计分析

试验数据用 Excel 2007 进行整理和初步计算，采用 SAS 9.0 软件进行单因素方差分析(one-way ANOVA)及线性(linear)与二次(quadratic)回归分析，差异显著者采用 LSD 法进行多重比较。采用 SAS 9.0 软件的非线性模型程序中的二次回归模型拟合肉鸭对饲粮啤酒糟添加水平的反应，建立二次回归模型，$Y=aX^2+bX+c$，Y 为因变量，X 为饲粮啤酒糟水平，a 为二次斜率，b 为线性斜率，c 为截距。获得最大效应时啤酒糟水平为-b/2a。分析结果用平均值与 SEM 表示，$P<0.05$ 为差异显著。

2　结　果

2.1　生产性能

从表 2 可看出，随饲粮啤酒糟水平的增加，麻鸭 59 日龄体重、体增重、料重比、第 4 主翼羽长度均呈显著的线性和二次曲线变化（$P<0.05$），且 60%啤酒糟组麻鸭的生产性能（59 日龄体重、体增重、料重比、第 4 主翼羽长度）显著低于其他组（$P<0.05$），表现为体增重显著下降（$P<0.05$），料重比显著升高($P<0.05$)，45%啤酒糟组肉鸭生产性能除与 60%组有显著差异($P<0.05$)外，与其他各组无显著差异（$P>0.05$）。饲粮啤酒糟水平对麻鸭平均日采食量无显著的影响（$P>0.05$）。

表 2　饲粮啤酒糟水平对麻鸭生产性能的影响

Table 2　Effects of dietary dry brewer's grain level on performance of ducks aged from 31 to 59 days

项目 Items	饲粮啤酒糟水平 Dietary dry brewer's grain level/%					SEM	*P* 值 *P*-value		
	0	15	30	45	60		方差分析 ANOVA	线性 Linear	二次 Quadratic

31 日龄体重 Body weight of 31 days of age/g	1 053	1 052	1 046	1 051	1 052	2.49	0.361 3	0.787 5	0.143 8
59 日龄体重 Body weight of 59 days of age/g	2 156^{a}	2 178^{a}	2 131^{a}	2 080^{a}	1 661^{b}	45.79	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1
体增重 Body weight gain/g	1 103^{a}	1 126^{a}	1 085^{a}	1 029^{a}	609^{b}	45.42	<0.000 1	<0.000 1	<0.000 1
平均日采食量 Average daily feed intake/g	193.1	202.8	202.5	226.2	196.4	8.98	0.113 0	0.300 7	0.114 1
料重比 Feed to gain	4.93^{a}	5.05^{a}	5.23^{a}	6.18^{a}	10.64^{b}	1.16	<0.000 1	0.002 2	0.039 1
第 4 主翼羽长度 The 4th wing feather length	18.58^{a}	18.37^{a}	18.72^{a}	18.50^{a}	17.37^{b}	0.30	0.030 0	0.023 9	0.044 1

同行数据肩标相同字母或无字母表示差异不显著(*P*＞0.05)，肩标不同小写字母表示差异显著(*P*＜0.05)。下表同。

In the same row, values with the same or no letter superscripts mean no significant difference (*P*＞0.05), while with different small letter superscripts mean significant difference (*P*＜0.05). The same as below.

2.2 血清生化指标

从表 3 可看出，麻鸭血清总蛋白、球蛋白、甘油三酯、低密度脂蛋白浓度随饲粮啤酒糟水平的增加呈线性降低（*P*<0.05），且 60%啤酒糟组麻鸭血清总蛋白、球蛋白、低密度脂蛋白浓度显著低于 0 啤酒糟组（*P*<0.05），而血清甘油三酯浓度显著低于 0 和 15%啤酒糟组（*P*<0.05）。血清谷丙转氨酶与碱性磷酸酶活性呈线性增加（*P*<0.05），60%啤酒糟组麻鸭血清谷丙转氨酶活性显著高于 0 和 15%啤酒糟组(*P*<0.05)，碱性磷酸酶活性显著高于 0 啤酒糟组（*P*<0.05）。血清极低密度脂蛋白浓度随饲粮啤酒糟水平的增加呈显著的二次曲线变化（*P*<0.05）。其他血清生化指标各组之间无显著差异（*P*>0.05）。

表 3　饲粮啤酒糟水平对麻鸭血清生化指标影响

Table 3 Effects of dietary dry brewer's grain level on serum biochemical indices of ducks aged from 31 to 59 days

项目 Items	饲粮啤酒糟水平 Dietary dry brewer's grain level/%					SEM	*P* 值 *P*-value		
	0	15	30	45	60		单因素 ANOVA	线性 Linear	二次 Quadratic
总蛋白 Total protein/(g/L)	40.05[a]	36.10[ab]	38.07[ab]	32.38[ab]	30.57[b]	3.10	0.203 4	0.029 0	0.772 7
白蛋白 Albumin/(g/L)	16.37	14.83	15.18	13.08	12.63	1.48	0.384 5	0.060 1	0.959 6
球蛋白 Globulin/(g/L)	23.68[a]	21.27[ab]	22.88[ab]	19.30[ab]	17.93[b]	1.78	0.156 8	0.024 8	0.646 1
总胆红素 Total bilirubin/(g/L)	0.22	0.25	0.17	0.32	0.13	0.07	0.332 4	0.632 1	0.420 3
谷丙转氨酶 Glutamic-pyruvic transaminase/(μmol/L)	27.50[b]	26.97[b]	32.48[ab]	31.27[ab]	43.23[a]	4.37	0.092 1	0.015 9	0.274 7
谷草转氨酶 Glutamic oxalacetic transaminase/(μmol/L)	34.65	26.28	29.38	24.82	28.67	4.99	0.687 3	0.403 0	0.378 0
碱性磷酸酶 Alkaline phosphatase/(U/L)	309.3[b]	352.6[ab]	330.1[b]	342.1[ab]	452.4[a]	40.18	0.140 1	0.039 8	0.272 9
γ-谷氨酰转肽酶 γ-glutamyl transpeptidase/(μmol/L)	2.03	1.57	1.28	1.35	1.93	0.35	0.464 3	0.710 7	0.074 1
血清总胆汁酸 Serum total bile acid/(μmol/L)	10.70	12.93	11.28	8.18	5.48	2.80	0.385 5	0.098 9	0.290 6
胆固醇 Cholesterol/(mmol/L)	4.20	3.52	3.32	3.43	3.57	0.36	0.469 1	0.246 9	0.160 2
甘油三酯 Triglyceride/(mmol/L)	1.52[a]	1.30[ab]	1.05[b]	0.57[c]	0.38[c]	0.15	<0.000 1	<0.000 1	0.768 0
高密度脂蛋白 High density lipoprotein/(mmol/L)	2.73	2.33	2.27	2.41	2.27	0.22	0.583 9	0.247 8	0.406 0
低密度脂蛋白 Low density lipoprotein/(mmol/L)	1.2[a]	0.99[ab]	0.96[ab]	0.89[ab]	0.81[b]	0.12	0.171 0	0.021 0	0.492 7
极低密度脂蛋白 Very low density lipoprotein/(mmol/L)	0.23[ab]	0.20[ab]	0.09[b]	0.14[b]	0.49[a]	0.11	0.132 1	0.206 9	0.035 2

2.3 胃肠道发育

从表 4 可看出，随着饲粮啤酒糟水平的增加，麻鸭十二指肠容量、相对长度与重量，回肠的容量与相对长度，盲肠的相对重量以及肌胃的相对重量呈线性增加（P<0.05）。15%啤酒糟组十二指肠容量和相对重量显著高于 0 啤酒糟组（P<0.05）。60%啤酒糟组麻鸭十二指肠容量、相对长度和重量以及肌胃相对重量显著高于 0 啤酒糟组（P<0.05），十二指肠的相对长度和重量也显著高于 30%和 45%啤酒糟组（P<0.05）。饲粮啤酒糟水平对其他胃肠道发育指标的影响不显著（P>0.05）。

表 4　饲粮啤酒糟水平对麻鸭胃肠道发育的影响

Table 4　Effects of dietary dry brewer's grain level on the development of gastrointestinal tract of ducks aged from 31 to 59 days

项目	啤酒糟添加水平 Dry brewer's grain supplemental level/%						*P* 值 *P*-value		
Items	0	15	30	45	60	SEM	方差分析 AVOVA	线性 Linear	二次 Quadratic
十二指肠 Duodenal									
容量 Capacity/cm^3	2.87^{b}	3.92^{a}	3.79^{ab}	3.77^{ab}	4.42^{a}	0.32	0.035 7	0.007 4	0.574 6
相对长度 Relative length/%	1.41^{b}	1.68^{ab}	1.59^{b}	1.49^{b}	1.97^{a}	0.12	0.034 9	0.025 1	0.412 1
相对重量 Relative weight/%	0.40^{c}	0.53^{ab}	0.47^{bc}	0.48^{bc}	0.62^{a}	0.04	0.012 1	0.005 8	0.573 3
肠道密度 Intestinal density/(g/cm)	0.29	0.32	0.30	0.32	0.31	0.01	0.170 5	0.101 7	0.510 9
空肠 Jejunum									
容量 Capacity/cm^3	8.60	9.53	9.00	8.93	8.35	0.47	0.463 5	0.464 9	0.151 8
相对长度 Relative length/%	3.53	4.18	3.54	3.75	4.65	0.36	0.164 8	0.125 3	0.319 6
相对重量 Relative weight/%	0.86	1.16	0.89	0.99	1.15	0.10	0.146 7	0.224 7	0.779 5
肠道密度 Intestinal density/(g/cm)	0.25	0.27	0.25	0.26	0.25	0.01	0.366 7	0.920 8	0.197 5
回肠 Ileum									

容量 Capacity/cm^3	11.31	14.35	13.03	16.13	14.46	1.17	0.080 0	0.038 3	0.264 9
相对长度 Relative length/%	3.14	3.84	3.45	3.63	4.30	0.29	0.089 5	0.028 8	0.626 7
相对重量 Relative weight/%	0.76	1.02	0.85	0.90	1.14	0.10	0.094 8	0.055 7	0.637 0
肠道密度 Intestinal density/(g/cm)	0.24	0.26	0.25	0.25	0.27	0.01	0.625 3	0.310 4	0.648 5
盲肠 Cecum									
相对长度 Relative length/%	0.75	0.88	0.79	0.80	0.97	0.06	0.115 3	0.070 2	0.412 9
相对重量 Relative weight/%	0.22	0.28	0.26	0.28	0.32	0.02	0.109 3	0.014 3	0.922 5
肠道密度 Intestinal density/(g/cm)	0.30	0.32	0.33	0.35	0.33	0.02	0.410 7	0.111 4	0.360 1
肌腺胃 Gizzard & proventriculus									
肌胃相对重量 Gizzard relative weight/%	2.90^{c}	3.53^{bc}	2.91^{c}	3.99^{ab}	4.73^{a}	0.29	0.000 5	0.000 1	0.086 9
腺胃相对重量 Proventriculus relative weight/%	0.30	0.40	0.32	0.33	0.35	0.05	0.584 1	0.916 0	0.678 4

2.4 啤酒糟在 31~59 日龄麻鸭饲粮中的适宜水平

从表 5 可看出，以 59 日龄体重和体增重为判别指标，麻鸭饲粮啤酒糟适宜水平分别为 17.13% 和 17.36%，以料重比为判别指标的饲粮啤酒糟适宜水平为 16.1%，以第 4 根主翼羽长度为判别指标的饲粮啤酒糟适宜水平为 18.94%。

表 5 麻鸭饲粮中啤酒糟适宜水平

Table 5 The optimal level of dry brewer's grain in diets of ducks aged from 31 to 59 days

项目 Items	二次曲线方程 Quadratic equation	相关系数和 P 值 R^2&P-value	啤酒糟水平 Dry brewer's grain level/%
59 日龄体重 BW of 59 days of age/g	Y=-0.281 6X^2+9.646 6X+2 131.8	R^2=0.731 6 P<0.000 1	17.13
体增重 BWG/g	Y=-0.286 0X^2+9.928 4X+1 078.4	R^2=0.736 5 P<0.000 1	17.36

料重比 F/G	Y=0.003 0X^2-0.096 6X+5.246 2	R^2=0.387 6 P=0.039 1	16.10
第 4 主翼羽长度 4thFL/cm	Y=-0.000 8X^2+0.030 3X+18.410	R^2=0.276 3 P=0.044 1	18.94

3 讨 论

本试验结果发现，随着饲粮啤酒糟水平的增加，麻鸭体重和体增重呈现先上升后下降趋势，相对其他组，麻鸭饲粮使用 60%啤酒糟会导致生产性能显著下降，而 45%啤酒糟组生产性能与 0、15%和 30%组相比有降低，但差异不显著。回归分析得出啤酒糟的适宜水平为 16.10%~17.36%，与聂嵬新[7]和左志安[4]报道，在 25~55 日龄和 15~30 日龄肉鸭饲粮中用 20%啤酒糟效果较好的结果较为一致。本试验饲粮配制时是以肉鸭实测的啤酒糟表观代谢能和可消化氨基酸为基础配制，各组饲粮的表观代谢能值基本一致，这一点从各组采食量差异不显著可以反应出来。而 60%啤酒糟组生产性能显著降低的原因，可能在于此时饲粮纤维含量高达 12.5%，导致养分消化率降低。Denstadli 等[2]研究发现，随着饲粮啤酒糟水平增加到 40%，肉鸡回肠蛋白质和能量的消化率线性下降。在肉鸡饲粮中使用 15%啤酒糟，肉鸡胰腺增大，腹脂降低，肝变小，可能原因是由于肉鸡对饲粮纤维利用率低，产生营养负平衡所导致[8]。本研究还发现，维持最适羽毛生长的啤酒糟水平为 18.94%，比最适生产性能的啤酒糟水平高。可能的原因在于适量的粗纤维含量对肉鸭羽毛生长有一定的好处，粗纤维含量不足将会导致啄羽等现象发生[9]。在产蛋鸡上也有研究显示，啄羽现象与饲粮粗纤维含量有关[10-12]。

血液生化指标是反映动物体内物质代谢和一些组织器官机能状态变化的一个重要特征。目前，关于啤酒糟对肉鸭血液生化指标的影响研究报道较少。血清蛋白质含量是机体蛋白质合成代谢的重要标志，本试验中血清总蛋白、球蛋白浓度随饲粮啤酒糟水平增加呈线性下降，60%啤酒糟组下降达到显著水平，与生产性能指标显著下降相一致，表明添加 60%啤酒糟不能保证机体正常蛋白质供给，可能与高纤维饲粮导致营养负平衡有关[8]。碱性磷酸酶在机体代谢中起催化水解磷酸单酯、磷酸核苷、6-磷酸糖之类的物质，与骨骼代谢密切相关[13]；谷丙转氨酶和谷草转氨酶是反映肝脏合成

蛋白质功能和肝脏是否健康的敏感指标[14]。本试验发现，随饲粮啤酒糟水平的增加，血清碱性磷酸酶、谷丙转氨酶活性呈线性升高，60%组差异显著，表明 60%啤酒糟导致麻鸭营养不良，影响骨骼生长和肝脏健康。在临床上，血清甘油三酯、胆固醇、低密度脂蛋白浓度等指标可反应机体脂质代谢，可用来诊断动脉粥样硬化、冠心病和脂肪肝等疾病，本试验发现，血清甘油三酯、低密度脂蛋白浓度随饲粮啤酒糟水平的增加呈线性下降，60%啤酒糟组下降显著，表明 60%啤酒糟组麻鸭机体脂质代谢发生改变，与 60%啤酒糟组麻鸭体重、血清白蛋白等浓度显著降低一致。

有研究表明，啤酒糟不会影响小型白羽肉鸭增重性能及主要脏器与胃肠道发育[15]。本试验发现，较不添加啤酒糟的对照组而言，饲粮中添加啤酒糟后，对胃肠道的发育有一定程度的促进作用，且添加量为 15%时各消化段发育情况比其他组好，可能在于含 15%啤酒糟饲粮纤维水平接近建昌鸭的需要量。Denstadli 等[16]研究发现，当肉鸡饲粮啤酒糟水平达到 30%~40%时肌胃的发育达到了平台期，而 Starck[17]研究也发现，当鹌鹑饲粮不可消化纤维达到 30%时肌胃的发育达到平台期，这表明肌胃对纤维的消化能力受生理限制，而本试验发现，肌胃重量随饲粮啤酒糟水平增加呈线性增加，并没有出现平台期，表明啤酒糟对麻鸭肌胃的发育有一定促进作用。本试验饲粮啤酒糟水平在 60%以内并未出现平台期，表明饲粮纤维对肌胃发育受家禽种类的影响，一方面与肉鸭的耐粗食能力比肉鸡与鹌鹑强有关，另一方面与饲粮啤酒糟水平过高导致消化器官代偿性增生所致，表现为 60%啤酒糟组麻鸭胃肠道发育指数较高，而生产性能最低。

4 结 论

①以可消化氨基酸配制饲粮时，31~59 日龄建昌麻鸭饲粮中啤酒糟适宜水平为 15.00%~18.94%；最高水平为 45%。

②啤酒糟可促进 31~59 日龄麻鸭胃肠道发育，对肌胃、十二指肠、回肠和盲肠的促进作用较大。

③饲粮啤酒糟水平高达 60%会导致建昌麻鸭机体蛋白质、脂质代谢发生改变，产生营养负平衡，肝脏功能在一定程度受损。

参考文献：

[1] MUSSATTO S I,DRAGONE G,ROBERTO I C.Brewers' spent grain:generation,characteristics and potential applications[J].Journal of Cereal Science,2006,43(1):1–14.

[2] DENSTADLI V,WESTERENG B,BINIYAM H G,et al.Effects of structure and xylanase treatment of brewers’ spent grain on performance and nutrient availability in broiler chickens[J].British Poultry Science,2010,51(3):419–426.

[3] 谢幼梅,刘玉民,张崇玉,等.啤酒糟颗粒饲喂鲁西黄牛生长牛试验报告[J].山东畜牧兽医,1995(3):1–3.

[4] 左志安.膨化菜籽、啤酒糟在肉鸭日粮中的应用及其代谢能、可利用氨基酸的测定[D].硕士学位论文.雅安:四川农业大学,2003.

[5] 杜懿婷,陈才.魔芋粉等五种原料在 28 日龄肉鸭上的能量及氨基酸营养价值[C]//四川省畜牧兽医学会动物营养与饲料分会学术年会论文集.四川.龙泉,2013:125–128.

[6] 陈邦云.肉鸭适宜必需氨基酸模式的研究[D].硕士学位论文.雅安:四川农业大学,2004.

[7] 聂嵬新.啤酒糟饲喂肉鸭效果试验[J].畜牧兽医杂志,1999,18(4):30–31.

[8] ONIFADE A A,BABATUNDE G M.Comparison of the utilisation of palm kernel meal,brewers' dried grains and maize offal by broiler chicks[J].British Poultry Science,1998,39(2):245–250.

[9] 张拴峰.影响肉鸭羽毛生长的营养因素及其改善措施[J].中国家禽,2011,33(16):50–51,53.

[10] WAHLSTRÖM A,TAUSON R,ELWINGER K.Effects on plumage condition,health and mortality of dietary oats/wheat ratios to three hybrids of laying hens in different housing systems[J].Acta Agriculturae Scandinavica,Section A-Animal Science,1998,48(4):250–259.

[11] HARTINI S,CHOCT M,HINCH G,et al.Effects of light intensity during rearing and beak trimming and dietary fiber sources on mortality,egg production,and performance of ISA brown laying

hens[J].Journal of Applied Poultry Research,2002,11(1):104–110.

[12] VAN KRIMPEN M M,KWAKKEL R P,VAN DER PEET-SCHWERING C M C,et al.Effects of nutrient dilution and nonstarch polysaccharide concentration in rearing and laying diets on eating behavior and feather damage of rearing and laying hens[J].Poultry Science,2009,88(4):759–773.

[13] 王忠霞,杨莉莉,刘红,等.魔芋精粉对高脂饲料喂养大鼠的脂质代谢及血液粘度的影响[J].卫生研究,2002,31(2):120–121.

[14] 王俊东.兽医药实验室检验技术[M].北京:中国农业科技出版社,2005.

[15] 汪水平,陈祖鸿,彭祥伟,等.啤酒糟对 CMD 鸭的营养价值综合评定[C]//中国畜牧兽医学会动物营养学分会第七届中国饲料营养学术研讨会论文集.北京:中国畜牧兽医学会,2014.

[16] DENSTADLI V,BALLANCE S,KNUTSEN S H,et al.Influence of graded levels of brewers dried grains on pellet quality and performance in broiler chickens[J].Poultry Science,2010,89(12):2640–2645.

[17] STARCK J M.Phenotypic flexibility of the avian gizzard:rapid,reversible and repeated changes of organ size in response to changes in dietary fibre content[J].The Journal of Experimental Biology,1999,202(Pt 22):3171–3179.

Effects of Dry Brewer's Grain on Performance, Serum Biochemical Indices and Gastrointestinal Tract Development of *Jianchang* Ducks Aged from 31 to 59 Days

WANG Yanru ZENG Qiufeng* ZHANG Keying DING Xuemei BAI Shiping LUO Yuheng

WANG Jianping XUAN Yue SU Zhuowei

(*Key Laboratory for Animal Disease Resistance Nutrition of the Ministry of Education*, *Institute of Animal Nutrition*, *Sichuan Agricultural University*, *Ya'an* 625014, *China*)

Abstract: The objective of this study was to determine the effect of dietary dry brewer's grain (DBG) level on growth performance, serum biochemical indices and gastrointestinal tract development of ducks aged from 31 to 59 days. A total of 420 thirty-one-day-old *Jianchang* ducks were randomly allocated to 5 groups with 6 replicates per group and 14 ducks per replicate. Ducks in the 5 groups were fed the experimental diets supplemented with 0, 15%, 30%, 45% and 60% DBG, respectively. The experiment was finished at 59 days of age. The results showed as follows: the body weight of 59 days of age, body

weight gain, feed to gain and the 4th wing feather length showed a linearly or quadratically change (P<0.05), and the performance of 60% DBG group was significantly lower than that of other groups (P<0.05). The concentrations of globulin, total protein, triglyceride and low density lipoprotein in serum linearly reduced with dietary DBG increasing (P<0.05), whereas the activities of glutamic-pyruvic transaminase and alkaline phosphatase were linearly increased (P<0.05). The relative length, weight and capacity of the duodenum, the relative length and capacity of ileum, the relative weight of cecum and gizzard linearly increased with dietary DBG increasing (P<0.05). The optimal level of DBG in diets were 17.4%, 16.1% and 18.94% based on body weight gain, feed to gain and the 4th primary wing feather length, respectively, by quadratic regression. These result suggested that 15.00% to 18.94% DBG in diet of ducks from 31 to 59 days of age is benefit based on digestible amino acid, and the highest DBG level can get to 45%.

Key words: *Jianchang* ducks; performance; gastrointestinal tract development; serum biochemical indices; dry brewer's grain

---

*Corresponding author, associate professor, E-mail: zqf@sicau.edu.cn (责任编辑　武海龙)